

Г.В. Мигаль, В.П. Мигаль

Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського "ХАІ", Україна

ПОЛІДИСЦИПЛІНАРНИЙ ПІДХІД ДО ІНЖЕНЕРІЇ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА

Розробники сучасних складних динамічних систем не достатньо обізнані щодо ризиків прояву людського чинника, що обумовлені інформаційними, динамічними і когнітивними аспектами людино-машинної взаємодії. Актуальність міждисциплінарних знань для розвитку креативного і критичного мислення майбутніх інженерів обумовлює необхідність ознайомлення студентів з сучасними підходами, концепціями і системоутворюючими принципами, які застосовуються в інженерії людських чинників.

Ключові слова: людський чинник, когнітивна ергономіка, складні динамічні системи, інженерія людських чинників, критичне мислення, структурні паттерни.

Постановка проблеми

Сучасні складні динамічні системи (транспортні, екологічні, енергетичні) містять велику кількість елементів і джерел інформації, взаємодія між якими не прогнозована. Зокрема, часто слабкі взаємодії підвищують складність управління динамічною системою (ДС), що призводить до прояву феномену людського чинника (ЛЧ). Тому, притаманні таким системам певні закономірності вивчені поки недостатньо, в той час як негативні результати прояву людського чинника на транспорті постійно зростають. Це свідчить про недостатню поінформованість студентів (інженерів, розробників) з інформаційними і когнітивними аспектами людино-машинної взаємодії. Це обмежує можливості проектування безпечних, надійних і стійких до складних умов динамічних систем.

Постійне вдосконалення, цифровізація і автоматизація ДС супроводжується збільшенням кількості джерел інформації (сенсорів, датчиків і т.п.). Це, в свою чергу, породжує ще більше різноманіття: а) інформаційних потоків різної природи; б) методів їх обробки; в) типів візуалізації та засобів аналізу. Тому, незважаючи на значні зусилля розробників складних систем, сумна статистика аварій та катастроф свідчить, що 70-90% пов'язані саме з людським чинником. Їх аналіз свідчить про недостатню увагу до людського чинника (ЛЧ) при навчанні, проектуванні і експлуатації транспортних ДС. Зокрема, до системного аналізу закономірностей функціонування ДС та прояву характеристичних ознак нелінійності в складних умовах. Джерела проблем і наслідки, що обумовлені людським чинником, наведено на рис. 1.

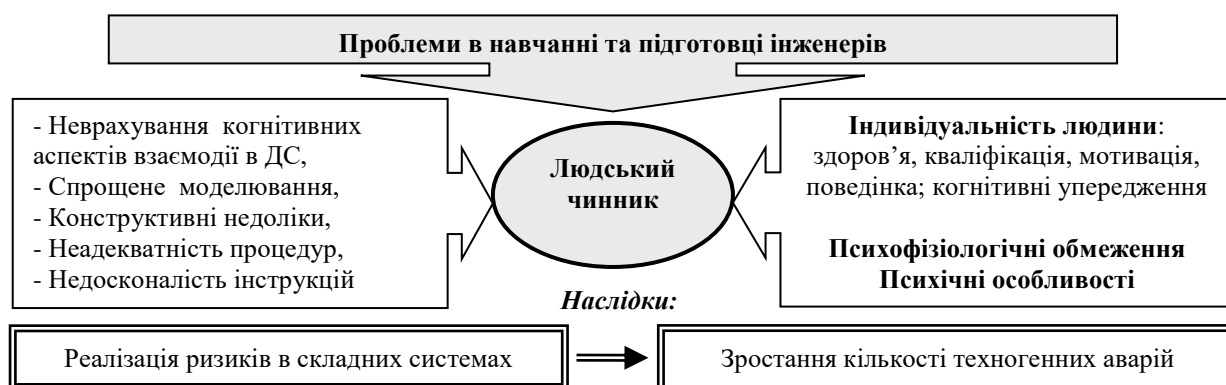


Рис. 1. Багатоаспектність людського чинника

Тому управління складними динамічними системами вимагає як більш ефективного відбору операторів (розробників, пілотів, диспетчерів і ін.), так і їх міждисциплінарного навчання [1, 2]. Дійсно, сучасні цифрові технології вже широко використовують досягнення нейронаук (нейроергономіки, ней-

робіології і інших, та когнітивних наук (когнітивної ергономіки, когнітивних обчислень й інших). В той час як навчання у галузі інженерії (промислової, військової, біо, програмної) відбувається у певному відриві від врахування особливостей організації взаємодії людини та техніки у системі «людина – тех-

ніка – середовище». Отже, між підготовкою інженерів і їх діяльністю сформувалось протиріччя. На наш погляд, **протиріччя** обумовлене консервативною організацією системи «студент – навчальне середовище», яка мало сприяє росту творчого потенціалу студентів і викладачів. Зокрема, подальшому розвитку їх індивідуальних когнітивних здібностей і інтуїції [2, 3]. Зауважимо, що індивідуальність функціонування властива всім об'єктам живої і неживої природи [4].

З огляду на викладене, **назріла необхідність адаптувати навчальні програми до сучасних викликів – фізичної, функціональної і інформаційної безпеки, щоб сприяти більш досконалому проектуванню і експлуатації життєздатних динамічних систем.**

Мета та завдання статті

На сьогодні актуальною є дисципліна «Інженерія людських чинників», обґрунтування необхідності впровадження якої в освітні програми технічних університетів було **головною метою** цієї роботи. Її досягнення потребує розвитку полідисциплінарних досліджень та встановлення міждисциплінарних зв'язків, які мають високий інноваційний потенціал. Їх поєднанню та взаємодоповнюваності сприяє універсальність екстремальних принципів фізики, полідисциплінарність сучасної ергономіки (когнітивна, нейро, динамічна, організаційна, навчальна і т.д.). Міждисциплінарні зв'язки з інженерною психологією, біоінженерією та охороною праці надають конвергентності інженерії людських чинників. Її впровадження дозволяє створити необхідне підґрунтя для підвищення якості підготовки спеціалістів інженерно-технологічного спрямування.

Аналіз проблем та досліджень

1. Інженерія людських чинників. Для розширення світогляду майбутнього інженера актуальним є міждисциплінарний підхід до створення більш безпечних, надійних та ефективних динамічних систем (літаків, реакторів і т.п.). На їх стійкість в складних умовах впливають стрес-чинники середовища і діяльності, які призводять до непрогнозованих помилок. Крім цього, на усіх етапах життєвого циклу безпека транспортних та інших складних ДС напряму залежить від вибору релевантної інформації, її когнітивного сприйняття та аналізу. Особливо це стосується джерел інформації про психофізіологічний стан людини (водія, пілота, диспетчера тощо), яка приймає відповідальні рішення.

Статистична оцінка впливу окремих чинників на надійність складних ДС свідчить про переважання частки людського фактора в їх безпеці (помилки при проектуванні – 40-45%, помилки при виробництві – 20%). Отже, дуже актуальними є особливості

людино-машинної взаємодії і кооперації. У той же час розробники динамічних систем мало поінформовані про ризики, обумовлені інформаційними і когнітивними аспектами людино-машинної взаємодії. Їх врахування вкрай необхідне в рамках Індустрії 4.0 при створенні більш життєздатних ДС (літаків, реакторів і т.п.) [5]. Так, застосування життєздатних принципів методології НБІК-технології (нано-, біо-, інфо- і когнітивні технології) включає обов'язкове врахування нейроергономічних і когнітивних аспектів [6, 7]. Адже на всіх етапах життєвого циклу безпека, надійність і стійкість складних ДС безпосередньо залежить від вибору релевантної інформації, її когнітивного сприйняття і аналізу людиною, яка приймає рішення. Таким чином, необхідність врахування особливостей людино-машинної взаємодії в складних динамічних системах призвела до взаємопов'язаних наслідків:

- появи нових понять в ергономіці, в теорії надійності - живучість, життєздатність, відновлюваність, гарантоздатність і відповідно введенню стандартів з безпеки (ISO 45001 (Health & Safety), ISO 31000 (Risk management), IEC 60300);
- розробці різних методів аналізу надійності складних систем - і відповідно появи нових стратегій забезпечення надійності і безпеки складних ДС.

Існує взаємозалежність життєздатності складних систем і людського чинника (рис. 2). Застосувавши теорію «Практичного зміщення» Скотта А. Снука, розроблену для опису причинності виникнення авіаційних подій, можна бачити, що очікувані властивості системи завжди значно відрізняються від одержуваного результату. Розрахована надійність системи ґрунтується на трьох основних припущеннях: - наявність обладнання, необхідного для досягнення завдань і цілей системи; - необхідна підготовка персоналу; - виконання нормативів і правил, що обумовлюють поведінку системи і людей.

Тому таке зміщення до реальних властивостей є неминучим в будь-якій системі. Основним фактором зміщення реальної життєздатності є вплив людського чинника. При цьому врахування впливу людського чинника здатне знизити це «практичне зміщення» і наблизити результат до прогнозного. Однак, різноманіття підходів і методів аналізу функціонування складних систем не дозволило на сьогодні істотно знизити ймовірність техногенних ризиків і кількість аварій. Основна причина – в складності управління ризиками, які провокує людина, що приймає рішення, і в стратегіях, які не враховують людський чинник. Взаємозалежність життєздатності ДС від людського чинника в складних умовах обумовлена проявом прихованої технологічної і генетичної спадковості в джерелах інформації різної

природи (сенсорах і т.п.). Проблеми людського чинника обумовлені фізичними і інтелектуальними можливостями людини, впливом психофізіологічного

стану людини на мотивацію і прийняття системних рішень, психофізичним і функціональним станом.

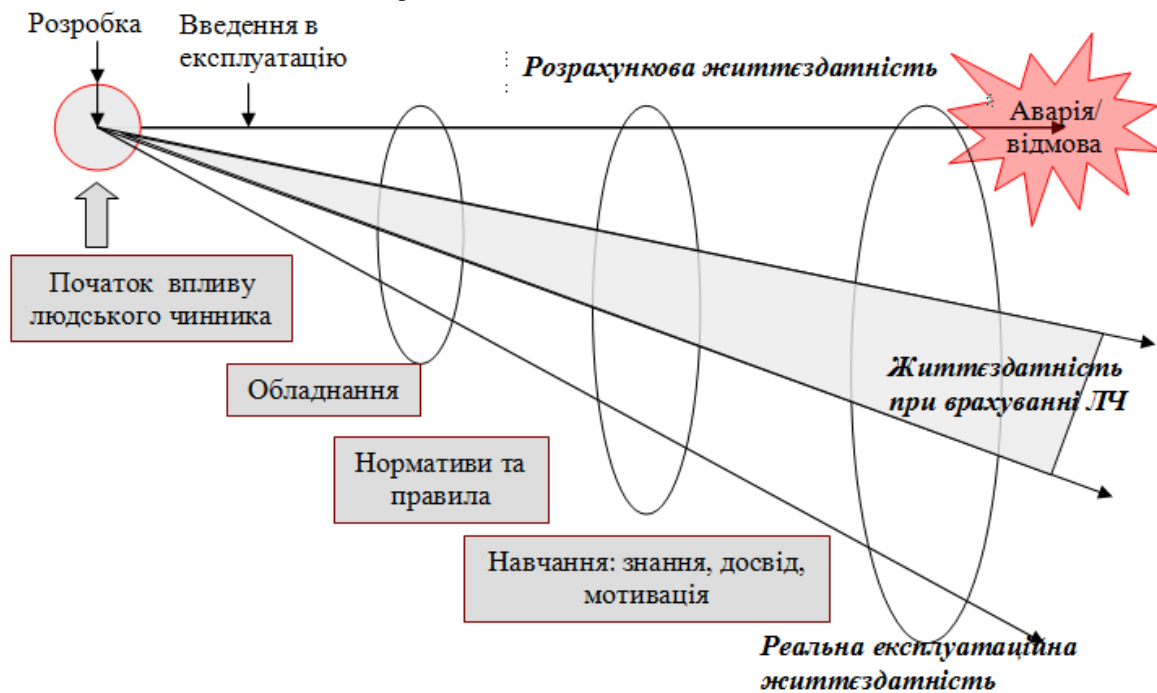


Рис. 2. Взаємозалежність життєздатності від людського чинника

Саме від врахування людського чинника залежить безпечність, надійність та стійкість складних ДС, що проектуються та експлуатуються людиною. Тому сьогодні у провідних навчальних закладах світу інженерного спрямування значна увага приділяється міждисциплінарним наукам [8, 9]. Так, програма «Інженерія людських чинників» (Human factors engineering) охоплює сукупності знань з різних дисциплін [10, 11]. Як сукупність взаємозв'язаних знань, інженерія людських чинників (ІЛЧ) ґрунтується на взаємодоповнюючих систем-

них принципах функціонування складних динамічних систем та включає всебічний аналіз людських можливостей та обмежень щодо машин, робочих місць, а також врахуванні впливу на діяльність людини стрес-чинників середовища і діяльності. Такі знання вкрай необхідні інженеру (розробнику, дизайнеру, менеджеру) при проектуванні та експлуатації ДС. Отже, головна задача дисципліни ІЛЧ – сформувати системне бачення міждисциплінарних особливостей взаємодії людини і машини в складних умовах (див. рис. 3).



Рис. 3. Полідисциплінарність інженерії людських чинників і міждисциплінарні взаємозв'язки

Як видно з рис. 3, саме велика кількість між-дисциплінарних взаємозв'язків створює проблеми, які заважають прийняттю системних рішень в екстремальних умовах [8-11]. На сьогодні системні проблеми людського чинника не достатньо досліджено.

При проектуванні складних ДС слід враховувати ергономічну інформацію про індивідуальні психофізіологічні можливості та обмеження людини як головної ланки системи. Дійсно, відповідальність за рішення, яке приймає людина, впливає на психофізіологічні, психічні, біомеханічні та інші характеристики. Оскільки рішення залежать від набутих знань та досвіду, то в ІЛЧ розглядаються різні підходи та обмеження. Їх слід застосовувати при проектуванні та функціонуванні елементів складних ДС, а також сформувати вимоги до стресостійкості операторів (пілотів, водіїв і т.п.). Врахування можливих змін функціонального стану людини при дії стрес-чинників сприятиме проектуванню більш безпечних ДС.

Щодо ключових проблем, які необхідно системно досліджувати і висвітлювати при викладанні дисципліни «Інженерія людського чинника», то це: а) вплив індивідуальності джерел інформації на людино-машинну взаємодію; б) психофізіологічні чинники і ризики (функціональні зриви); в) особливості проектування ДС з врахуванням різних аспектів людського чинника (біоінженерія, системна інженерія, програмна інженерія тощо); г) дослідження і

аналіз когнітивних можливостей, що впливають на ефективність навчання студента (оператора) та вибір сценаріїв його взаємодії в системі «людина – машина».

Виклад основного матеріалу

2. Особливості впливу людського чинника на життєздатність динамічної системи. Важливість висвітлення особливостей прояву людського чинника в певних умовах для майбутніх проектувальників складних ДС витікає ще з необхідності врахування зв'язку питань їх безпеки, надійності і стійкості. Сучасний погляд на безпеку складної ДС сьогодні трансформується в питання дослідження її життєздатності та індивідуальних особливостей функціонування її елементів для забезпечення цілісності і стійкості системи. Особливо це стосується критеріїв і системних показників психофізіологічного стану людини, що приймає відповідальні рішення в режимі реального часу (див. рис. 4).

Отже, вплив людського чинника на життєздатність ДС також може бути обумовлений недостатньою інформацією про: а) різні причини функціональних відмов елементів ДС; б) міждисциплінарні зв'язки при навчанні майбутніх інженерів. На наш погляд, безпеку сучасної ДС (атомного реактора, літака, автомобіля і т.п.) слід досліджувати під трьома кутами зору, а саме її надійності, живучості та стійкості [11-15].

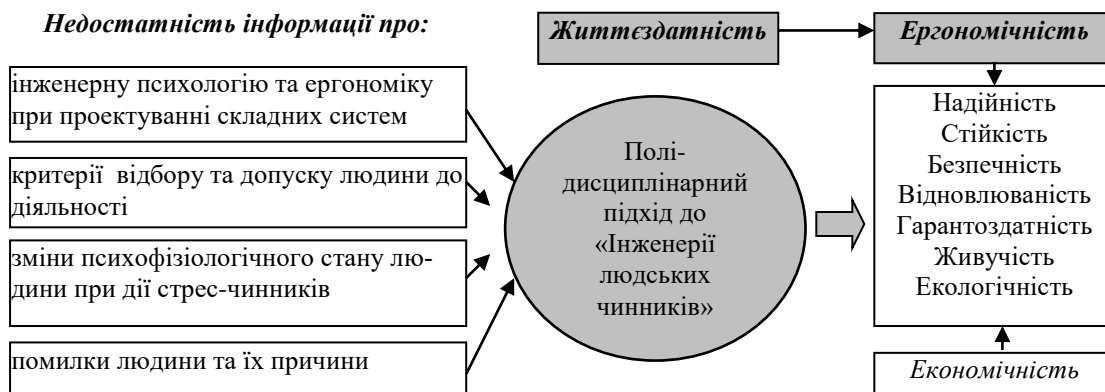


Рис. 4. Зв'язок життєздатності з інженерією людських чинників і ергономічністю ДС

У складних умовах функціонування типові ергономічні властивості системи «людина – техніка – середовище» (можливість керувати, обслуговувати, освоювати та інші) не охоплюють стійкість елементів системи до не прогнозованого впливу. В той час, як саме стійкість відноситься до загальносистемних властивостей системи, що характеризує її динамічну поведінку та виживання в екстремальних умовах. Вище вказані властивості взаємопов'язані і не при-таманні кожному елементу системи, тобто є інтегративними (емерджентними). Тому для забезпечення необхідних функцій в складних умовах розробникам

ДС необхідно враховувати особливості впливу людино-машинної взаємодії на їх життєздатність.

Саме аналіз життєздатності елементів системи і особливо людини, як здатності функціонувати всупереч впливу обставин та руйнуючих чинників, дозволяє пояснити існування феномену «людського чинника». Тому, психологи активно досліджують життєздатність людини [16-18].

Аналіз функціональних відмов сучасної техніки свідчить, що рівень безпеки складних систем істотно знижує відсутність ефективних показників для он-лайн: а) моніторингу психофізіологічного стану людини як головної ланки людино-машинної

системи; б) ідентифікації перехідних до зривів психофізіологічних станів людини при дії стрес-чинників діяльності та середовища; в) прогнозування нестійких функціональних станів людини-оператора; г) оцінювання психофізіологічних ризиків та «ціни діяльності» оператора; д) психофізіологічної експертизи при відборі та допуску операторів. У цьому зв'язку надзвичайно актуальна проблема безпеки складних ДС трансформується у проблему

визначення міждисциплінарних інтегративних показників життєздатності функціонування її елементів. Проводяться нейроергономічні дослідження, що спрямовані на вирішення актуальних проблем людино-машинної взаємодії в ДС, що функціонують в складних умовах [12-15, 18-20]. Зокрема, відбувається пошук засобів для підвищення безпеки складних систем на всіх рівнях їх проектування (рис. 5).

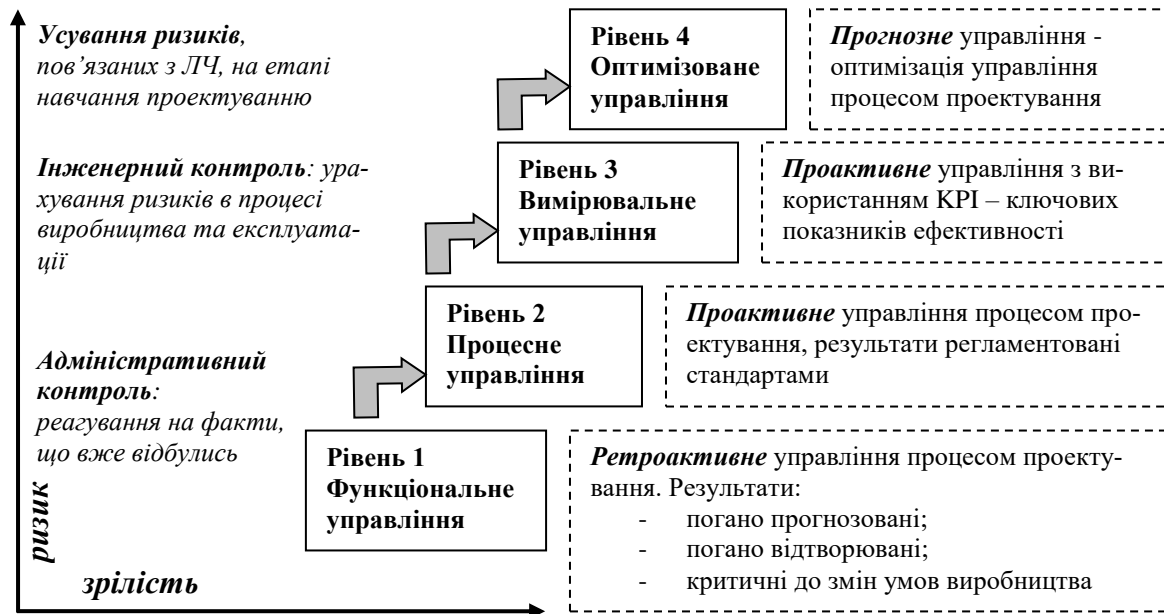


Рис. 5. Рівні «інженерної» зрілості проектувальника складних динамічних систем

Саме цей напрямок когнітивного сприйняття різноманіття джерел інформації лежить в основі навчальної дисципліни «Інженерія людського чинника», яку викладають у більшості технічних вузів світу. Необхідно також зазначити, що інженерія людського чинника – це не єдина дисципліна для засвоєння студентами необхідних навичок щодо забезпечення безпеки. Крім неї, також викладають такі навчальні дисципліни: Human Factors and Ergonomics, Ergonomics, Human Computer Interaction, Human Machine Interaction, Man-Machine System, Physical ergonomics, Usability Testing, Work Organization, Humans and Indoor Environments, Humans in Extreme Environments, Work physiology. У багатьох університетах існують бакалаврські, магістерські та докторські програми з ІЛЧ.

Актуальність міждисциплінарних знань, а саме їх необхідність для майбутніх інженерів – проектувальників складних ДС, обумовила необхідність впровадити дисципліну «Інженерія людського чинника» у навчальний план інженерних спеціальностей Національного аерокосмічного університету ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут». Її завдання – підготовка студентів щодо застосування сучасних концепцій і системоутворюючих принципів в інженерії людських чинників, когнітив-

ної ергономіки і нейроергономіки для оптимізації взаємодії в системі «студент-інформаційне навчальне середовище» та підвищення життєздатності складних ДС вже на етапі проектування. [2, 8, 20, 21].

3. Інформаційні аспекти навчання та наукова візуалізація. Стрімке збільшення кількості джерел релевантної інформації та її розмитість призводять до неоднозначності і суперечливості інформації, що аналізується пілотом (водієм, оператором і т.п.) при управлінні ДС в непрогнозованих умовах. Вдосконалення систем інтелектуальної підтримки управління ДС супроводжується збільшенням кількості сенсорів і інших джерел інформації. При цьому різноманіття інформаційних полів і потоків в різних дисциплінах обмежує можливості когнітивної графіки. Для виявлення міждисциплінарних взаємозв'язків здійснимо узагальнення в термінах теорії поля. Так, кількість інформації відображає джерела інформації, потоки якої є знання. Тоді якість структуризації інформації, що здобута при навчання, можна відобразити інформаційним потенціалом. Він, по суті, є інформаційним ресурсом, від ступеня структурованості якого залежить ефективність використання знань. Тому інтелектуальна робота по структуруванню інформації полягає в упорядкуванні знань. Вона сприяє мотивації та розвитку інтуїції,

що дозволить системно аналізувати різні сценарії досягнення мети.

Для навчальної ергономіки важливим є перекриття інформаційних і когнітивних аспектів, що можна реалізувати засобами наукової візуалізації. Вона досить широко використовується в природничих дисциплінах (фізиці, біології, бізнесі, медицині тощо). Така візуалізація також сприятиме розвитку збалансованого креативного і критичного мислення майбутніх інженерів.

Для навчання майбутніх проєктувальників важливе сучасне моделювання сценаріїв функціонування ДС, яке включає інформаційну, когнітивну та статистичну аналітику. Це потребує зміни засобів відбору, обробки і аналізу інформації. Зокрема, візуалізація інформаційних потоків у вигляді типових графічних образів-паттернів робить їх більш наглядними для аналітики і моделювання. Однак для безпеки функціонування складних ДС необхідно аналізувати різноманіття графічних образів, що обмежує можливості когнітивної графіки [22-24]. А застосування множини різних термінів, параметрів, показників і критеріїв зменшує ефективність як людиномашинної взаємодії, так і навчання [2, 8]. На наш погляд, ключовою причиною проблем візуальної аналітики є багатоаспектність інформації і її міри (інформації: Хартлі, фон Неймана-Шеннона-Вінера, Фішера, ентропії Рен'є, і інші). Це обумовлює різноманіття методів обробки інформації, а також типів візуалізації процесів різної природи (детерміновані залежності, статистичні розподіли, мережі і інші). Для аналітики ДС важливий вплив психофізіологічного стану людини на когнітивну діяльність (сприйняття, відображення і мислення).

Стикаючись з різноманіттям типів візуалізації та великими обсягами незнайомих даних при навчанні, інженер потребує їх цілісного опису, а також можливості переходу на більш детальний рівень. Для вирішення ряду проблем, пов'язаних з людським чинником, можна використати більш загальне розуміння інформації як сукупності відмінностей, які можуть бути визначені спостерігачем або сенсорною системою в фундаментальному акті порівняння, який не вимагає необхідного використання поняття ймовірності або його комбінаторної інтерпретації [24]. Очевидно тому в аналітиці широко застосовують порівняння різних паттернів, що сприяє виявленню прихованих знань шляхом знаходження зв'язків, трендів і аномалій в великих і слабо формалізованих даних. Отже візуалізація інформаційних потоків полегшує пошук кореляцій, знаходження феноменів, емпіричних моделей і закономірностей, пов'язаних з досліджуваними даними.

4. Когнітивна візуалізація структури інформаційних потоків. При дослідженні впливу стрес-чинників на життєздатність ДС важливо візуалізува-

ти структуру цифрованих сигналів сенсорів і біоелектричних сигналів. Для цього найбільше підходить методологія міждисциплінарного підходу до виявлення індивідуальності функціонування об'єктів живої і неживої природи, розвиток якої започатковано нами [4, 8, 25-28]. В основі підходу – когнітивна візуалізація структури інформаційних потоків різної природи в просторі ймовірних динамічних подій. В такому просторі динаміка різних за природою цифрованих інформаційних процесів трансформується в їх топологічно упорядковану 3D-модель циклу функціонування. Ортогональними проєкціями моделі є сигнатури джерела інформації (сенсори і біосенсори), конфігурації яких приведені в роботах [25-27]. Конфігурації сигнатур інформаційних потоків, що породжені самоорганізованими об'єктами (характеристики розумних матеріалів, відгуки сенсорів, сигнали біосенсорів і інші) достатньо інформативні. Більш того, сигнатури можна трансформувати у відповідні паттерни шляхом використання цифрових фільтрів. Такі паттерни спрощують моделювання, проєктування і програмування. Крім цього, порівняння конфігурацій сигнатур з їх паттернами дозволяє оцінити вплив індивідуальних особливостей на життєздатність ДС в екстремальних умовах. Отже, сигнатури/паттерни функціональних характеристик самоорганізованих ДС мають високий інноваційний потенціал. Зокрема, полідисциплінарний підхід дозволяє реалізувати когнітивну візуалізацію структури різних за природою цифрованих інформаційних потоків у вигляді взаємодоповнюючих сигнатур/паттернів. При аналізі їх конфігурацій можна використовувати універсальні інтегративні показники упорядкованості, ефективності, складності, збалансованості, що вкрай важливо для інтелектуальних технологій (KDD, Data mining та інше) [29, 30].

В основі полідисциплінарного підходу до ІЛЧ – когнітивна візуалізація цифрованих інформаційних потоків різної природи в просторі динамічних подій. Така візуалізація дозволяє оцінити відносні зміни фізичних, психологічних, фізіологічних та когнітивних можливостей людини. Це вкрай важливо при проєктуванні ДС і сприятиме підвищенню їх безпеки, надійності і стійкості, тобто їх життєздатності в не прогнозованих умовах. Багатоаспектність проблематики ІЛЧ дозволяє вже на етапі проєктування звернути увагу на приховані міждисциплінарні взаємозв'язки. В цілому, використання сигнатур/паттернів функціональних характеристик самоорганізованих ДС надасть якісно нові можливості для навчальної ергономіки. Аналіз сигнатур/паттернів дозволить підвищити ефективність навчання за рахунок: а) спрощення визначення просторово-часової узгодженості різних за природою інформаційних потоків; б) виявлення динамічно

подібних мікроциклів в інформаційних потоках різної природи; в) розвитку інтуїції. Важливо, що при такому аналізі біосигналів використовуються взаємозв'язані параметри і показники, а також фундаментальні закони, принципи і критерії.

Висновки

Сучасні технології та техніка потребують нових знань, вмінь і більш ефективних виконавців. Майбутнім інженерам необхідно розвивати креативне і критичне мислення, що сприятиме розвитку інтуїції та надасть уявлення про особливості життєвого циклу функціонування складної системи. Інформаційні і когнітивні аспекти інженерії людських чинників відіграють ключову роль в безпеці, надійності і ефективності функціонування ДС. Ці знання вкрай необхідні майбутнім інженерам, щоб застосувати їх ще на етапі проектування складних динамічних систем (транспортних, енергетичних тощо).

Тому при навчанні проектуванню динамічних систем необхідно враховувати ризики, що виникають в не прогнозованих умовах, а також спеціальні вимоги до психофізіологічного стану людини та допуску її до виконання особливо відповідальних робіт. Отже, функціонування складних ДС залежить від індивідуальних особливостей креативного і критичного мислення людини як їх головного елемента, які формуються при навчанні. Тому, інженерія людських чинників фокусується на тому, як системи працюють в реальних умовах, з схильними до помилок людьми. Вона спрямована і на використання смарт-об'єктів (матеріалів, сенсорів і програм), які мінімізують ризики помилок в складних умовах. Інтелектуальний інструментарій когнітивної графіки ІЛЧ може бути застосований для забезпечення безпеки систем, залежних від людського чинника (транспортних, енергетичних, систем аерокосмічної галузі): відбір, допуск, швидка ідентифікація критичних станів, моніторинг стану в реальному режимі часу, підтримка діяльності водіїв, пілотів, диспетчерів.

В цілому актуалізація інформаційних і когнітивних аспектів в полідисциплінарній «Інженерії людських чинників», застосування екстремальних принципів природничих наук, фундаментальних концепцій і критеріїв сприятиме розвитку креативного і критичного мислення майбутніх інженерів. Все це дозволяє оптимізувати людино-машинну взаємодію ще на стадії проектування ДС. Тому впровадження «Інженерії людського чинника» дозволить створити необхідне підґрунтя для підвищення якості підготовки спеціалістів інженерного спрямування.

Література

1. Parasuraman, R. (2003). Neuroergonomics: research and practice. *Theor. Issues Ergon. Sci.*, 4, 1–2, 5–20. DOI 10.1080/14639220210199753
2. Mygal, V., Mygal, G. (2018). Interdisciplinary approach to informational teaching environment formation. *Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi*, 1(54), 92–98. DOI 10.15276/opu.1.54.2018.1.
3. Mygal, V.P., Mygal, G.V. (2019). Visualization of Signal Structure Showing Element Functioning in Complex Dynamic Systems – Cognitive Aspects. *Journal of nano- and electronic physics*, 11, 2, 02013. DOI: 10.21272/jnep.11(2).02013.
4. Mygal, V. P., But, A. V., Mygal, G. V., Klimenko, I. A. (2016). An interdisciplinary approach to study individuality in biological and physical systems functioning. *Scientific Reports, Nature Publishing Group*, 6, 387–391. DOI: 10.1038/srep29512
5. Nahavandi, Saeid (2019). Industry 5.0—A Human-Centric Solution / DOI: 10.3390/su11164371. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/335148344_Industry_50-A_Human-Centric_Solution
6. Хазов, М. «Проблема жизнеспособности систем» [Электронный ресурс] / М. Хазов, О. Разумовский // Москва: PORTALUS.RU. Режим доступа: https://portalus.ru/modules/philosophy/rus_readme.php?subaction=showfull&id=1108378670&archive=0216&start_from=&ucat=&.
7. Баксанский, О. «Конвергенция знаний, технологий и общества: за пределами конвергентных технологий» [Текст] / О. Баксанский // Философия и культура. – 2014. – № 7(79). – С. 1061–1068. DOI: 10.7256/1999-2793.2014.7.11995.
8. Мигаль, В. П. «Аналіз життєздатності університету як складної динамічної системи» [Текст] / В. П. Мигаль, Г. В. Мигаль // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2018. – № 27 (103). – С. 264–272. DOI: <http://dx.doi.org/10.15276/eltecs.27.103.2018.31>
9. Mark, S. Young, & Hancock, Peter A. and all. (Dec 2014) State of science: mental workload in ergonomics, 1–17. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.956151>
10. Wickens, C.D., Lee, J.D., Liu, Y., S.E., Becker, G. (2003). An Introduction to Human Factors Engineering. 2nd Edition. Prentice Hall, ISBN 978-0-321-01229-6.
11. Dul, Jan., Bruder, Ralph and all. (2012). A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession. *Ergonomics*, 55, 4, 377–395. DOI: 10.1080/00140139.2012.661087
12. Dul, Jan (2008). Can the office environment stimulate a manager's creativity? *Human factors and ergonomics in manufacturing*, 18(6), 589 – 602. DOI: 10.1002/hfm.20128
13. Dul, Jan (2008) Human factors: spanning the gap between OM and HRM. *International journal of operations and production management*, 30(9). DOI 10.1108/01443571011075056
14. Fedota, John R., Parasuraman, R. (2009). Neuroergonomics and human error, 402–421. <https://doi.org/10.1080/14639220902853104>
15. Lee, J.D., Wickens, C.D., Liu, Y., Boyle, L.N. (2017). Designing for People: An introduction to human factors engineering, 3rd Edition. Charleston, SC: CreateSpace, ISBN 9781539808008.

16. Хазов, М. Ю. «Учимся быть богом: создание жизнеспособных систем» [Текст] / М. Ю. Хазов // Новосибирск, 1992. 336 с.
17. Gevins, A., Smith, M. (2010). Neurophysiological measures of cognitive workload during human-computer interaction, 113-131. <https://doi.org/10.1080/14639220210159717>
18. Parasuraman, R., Mehta, R. (2013). Neuroergonomics: a review of applications to physical and cognitive work. *Front Hum Neurosci*, 7, 889. DOI: 10.3389/fnhum.2013.00889.
19. Dul, Jan (2009). Ergonomics contributions to company strategies. *Applied ergonomics*, 40(4). DOI:10.1016/j.apergo.2008.07.001
20. Hancock, P. A., Szalma, J. L. (2010). The future of neuroergonomics, 238-249. <https://doi.org/10.1080/1463922021000020927>
21. Мигаль, В. П. «Когнітивні та ергономічні аспекти взаємодії людини з комп'ютером» [Текст] / В. П. Мигаль, Г. В. Мигаль // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2020. – № 1(93). – С. 90-102. DOI: 10.32620/reks.2020.1.09
22. Newby, G. (2001). The Strong Cognitive Stance as a Conceptual Basis for the Role of Information in Informatics and Information System Design. Cognitive space and information space. NY: *Journal of the American Society for Information Science and Technology archive*, 52, 12, 1026-1048.
23. Gilbert, K.J. (2006). Visualization in science education. Springer Science & Business Media, ISBN 978-1-4020-3613-2.
24. Встовский, Г.В. «Элементы информационной физики» [Текст] / Г.В. Встовский // М.: МГИУ. – 2002. – 260с.
25. Mygal, V., Mygal, G. (2019) Problems of Digitized Information Flow Analysis: *Cognitive Aspects. Information & Security: An International Journal*, 43, 2, 134-144. <https://doi.org/10.11610/isij.4312>
26. Mygal, V., Klimenko, I., Mygal, G. (2018). Influence of radiation heat transfer dynamics on crystal growth. *Functional Materials*, 25, 3, 574-580. doi:<https://doi.org/10.15407/fm25.03.574>.
27. Migal, V. P., But, A. V., Migal, G. V., Klymenko, I. A. (2015). Hereditary functional individuality of semiconductor sensors. *Functional Materials*, 22, 3, 387–391. DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/fm22.03.387>
28. Mygal, V.P., Mygal, G.V., Balabanova, L.M. (2019). Visualization of Signal Structure Showing Element Functioning in Complex Dynamic Systems – Cognitive Aspects, *JOURNAL OF NANO- AND ELECTRONIC PHYSICS*, 11, 2, 02013(4pp). DOI: 10.21272/jnep.11(2).02013
29. Hettinger, L. J. Branco, P., Encarnacao, L. M. & Bonato, P. (2010). Neuroadaptive technologies: Applying neuroergonomics to the design of advanced interfaces, 220-237. <https://doi.org/10.1080/1463922021000020918>
30. Zhou, Y.L., Wahab, M.A., Maia, N.M.M., Liu, L., Figueiredo, E.J.F. (2019). Data Mining in Structural Dynamic Analysis. A Signal Processing Perspective. Springer Nature Singapore Pte Ltd. DOI:10.1007/978-981-15-0501-0

References

1. Parasuraman, R. (2003). Neuroergonomics: research and practice. *Theor. Issues Ergon. Sci.*, 4, 1–2, 5–20. DOI 10.1080/14639220210199753
2. Mygal, V., Mygal, G. (2018). Interdisciplinary approach to informational teaching environment formation. *Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi*, 1(54), 92-98. DOI 10.15276/opu.1.54.2018.1.

3. Mygal, V.P., Mygal, G.V. (2019). Visualization of Signal Structure Showing Element Functioning in Complex Dynamic Systems – Cognitive Aspects. *Journal of nano- and electronic physics*, 11, 2, 02013. DOI: 10.21272/jnep.11(2).02013.
4. Mygal, V. P., But, A. V., Mygal, G. V., Klimenko, I. A. (2016). An interdisciplinary approach to study individuality in biological and physical systems functioning. *Scientific Reports, Nature Publishing Group*, 6, 387–391. DOI: 10.1038/srep29512
5. Nahavandi, Saeid (2019). Industry 5.0—A Human-Centric Solution / DOI: 10.3390/su11164371. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/335148344_Industry_50-A_Human-Centric_Solution
6. Khazov, M., Razumovsky, O. The problem of the viability of systems. Moskva: PORTALUS.RU. Retrieved from: https://portalus.ru/modules/philosophy/rus_readme.php?subaction=showfull&id=1108378670&archive=0216&start_from=&ucat=&.
7. Baksansky, O. (2014). Convergence of knowledge, technology and society: beyond convergent technologies. *Filosofiya i kul'tura*, 7(79), 1061-1068. DOI: 10.7256/1999-2793.2014.7.11995.
8. Mygal, V.P., Mygal, G.V. (2018). Analysis of the viability of the university as a complex dynamic system. *Elektrotekhnichni ta komp'yuterni sistemi*, 27 (103). 264-272. DOI:<http://dx.doi.org/10.15276/eltecs.27.103.2018.31>
9. Mark, S. Young, & Hancock, Peter A. and all. (Dec 2014) State of science: mental workload in ergonomics, 1-17. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.956151>
10. Wickens, C.D., Lee, J.D., Liu, Y., S.E., Becker, G. (2003). An Introduction to Human Factors Engineering. 2nd Edition. Prentice Hall, ISBN 978-0-321-01229-6.
11. Dul, Jan., Bruder, Ralph and all. (2012). A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession. *Ergonomics*, 55, 4, 377–395. DOI: 10.1080/00140139.2012.661087
12. Dul, Jan (2008). Can the office environment stimulate a manager's creativity? *Human factors and ergonomics in manufacturing*, 18(6), 589 – 602. DOI: 10.1002/hfm.20128
13. Dul, Jan (2008) Human factors: spanning the gap between OM and HRM. *International journal of operations and production management*, 30(9). DOI 10.1108/01443571011075056
14. Fedota, John R., Parasuraman, R. (2009). Neuroergonomics and human error, 402-421. <https://doi.org/10.1080/14639220902853104>
15. Lee, J.D., Wickens. C.D., Liu, Y., Boyle, L.N. (2017). Designing for People: An introduction to human factors engineering, 3rd Edition. Charleston, SC: CreateSpace, ISBN 9781539808008.
16. Khazov, M. Yu. (1992) Learning to be God: Creating Viable Systems. Novosibirsk, 336.
17. Gevins, A., Smith, M. (2010). Neurophysiological measures of cognitive workload during human-computer interaction, 113-131. <https://doi.org/10.1080/14639220210159717>
18. Parasuraman, R., Mehta, R. (2013). Neuroergonomics: a review of applications to physical and cognitive work. *Front Hum Neurosci*, 7, 889. DOI: 10.3389/fnhum.2013.00889.
19. Dul, Jan (2009). Ergonomics contributions to company strategies. *Applied ergonomics*, 40(4). DOI:10.1016/j.apergo.2008.07.001

20. Hancock, P. A., Szalma, J. L. (2010). The future of neuroergonomics, 238-249. <https://doi.org/10.1080/1463922021000020927>
21. Mygal, V.P., Mygal, G.V. (2020). Cognitive and ergonomic aspects of the interaction of people with a computer. *Radi'oelektronni i komp'yuterni sistemi*, 1(93), 90-102. doi: 10.32620/reks.2020.1.09
22. Newby, G. (2001). The Strong Cognitive Stance as a Conceptual Basis for the Role of Information in Informatics and Information System Design. Cognitive space and information space. NY: *Journal of the American Society for Information Science and Technology archive*, 52, 12, 1026-1048.
23. Gilbert, K.J. (2006). Visualization in science education. Springer Science & Business Media, ISBN 978-1-4020-3613-2.
24. Vstovskij, G.V. (2002). Elements of Information Physics.. M.: MGIU, 260 s.
25. Mygal, V., Mygal, G. (2019) Problems of Digitized Information Flow Analysis: *Cognitive Aspects. Information & Security: An International Journal*, 43, 2, 134-144. <https://doi.org/10.11610/isij.4312>
26. Mygal, V., Klimenko, I., Mygal, G. (2018). Influence of radiation heat transfer dynamics on crystal growth. *Functional Materials*, 25, 3, 574-580. doi:<https://doi.org/10.15407/fm25.03.574>.
27. Migal, V. P., But, A. V., Migal, G. V., Klymenko, I. A. (2015). Hereditary functional individuality of semiconductor sensors. *Functional Materials*, 22, 3, 387-391. DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/fm22.03.387>
28. Mygal, V.P., Mygal, G.V., Balabanova, L.M. (2019). Visualization of Signal Structure Showing Element Functioning in Complex Dynamic Systems – Cognitive Aspects, *JOURNAL OF NANO- AND ELECTRONIC PHYSICS*, 11, 2, 02013(4pp). DOI: 10.21272/jnep.11(2).02013

29. Hettinger, L. J. Branco, P., Encarnacao, L. M. & Bonato, P. (2010). Neuroadaptive technologies: Applying neuroergonomics to the design of advanced interfaces, 220-237. <https://doi.org/10.1080/1463922021000020918>
30. Zhou, Y.L., Wahab, M.A., Maia, N.M.M., Liu, L., Figueiredo, E.J.F. (2019). Data Mining in Structural Dynamic Analysis. A Signal Processing Perspective. Springer Nature Singapore Pte Ltd. DOI:10.1007/978-981-15-0501-0

Рецензент: доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів та транспортної інфраструктури М.С. Тараненко, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Автор: МИГАЛЬ Галина Валеріївна
доктор технічних наук, доцент, професор кафедри автомобілів та транспортної інфраструктури Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»
E-mail – mygal.galina@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9862-9338>

Автор: МИГАЛЬ Валерій Павлович
доктор технічних наук, професор, професор кафедри фізики Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»
E-mail – valeriymygal@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3622-5423>

INTERDISCIPLINARY APPROACH TO THE HUMAN FACTOR PROBLEM

G. Mygal, V. Mygal

The National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute"(KhAI), Ukraine

Modern complex dynamic systems (transport, environmental, energy) contain a huge number of elements, which leads to many interactions between them. The consequence of this is an increase in the manifestation of the human factor in accidents and disasters. The developers of dynamic systems are little aware of the risks posed by the information and cognitive aspects of human-machine interaction. Engineering training takes place in a certain separation from the human factor, does not contribute to the development of intuition, creative and critical thinking. Therefore, it is important to update the relations between disciplines on a multidisciplinary basis. When learning in the design of dynamic systems, it is necessary to take into account the risks that arise in unpredictable conditions, as well as special requirements for the psychophysiological state of a person and his admission to the performance of especially responsible work. The functioning of complex dynamic systems depends on the individual characteristics of a person's creative and critical thinking as their main element, which are formed during learning. Therefore, the human factors engineering focuses on how systems work in real conditions, with people who make mistakes. The information and cognitive aspects of human factor engineering play a key role in the safety, reliability and efficiency of dynamic systems. For this, in the discipline "Human factors engineering" a unique combination of three basic ergonomic characteristics is implemented: (1) it uses the principles of a systematic approach, (2) it focuses on the design of interactions and (3) it focuses on solving three closely related problems of physical, functional and information security. All this allows optimizing man-machine interaction even at the stage of designing dynamic systems. Therefore, the introduction of "Human factor engineering" will create the necessary basis for improving the quality of training of engineering specialists.

Keywords: human factor, cognitive ergonomics, complex dynamic systems, human factors engineering, critical thinking, structural patterns.